

Projekta numurs: 8.3.2.1/16/I/002

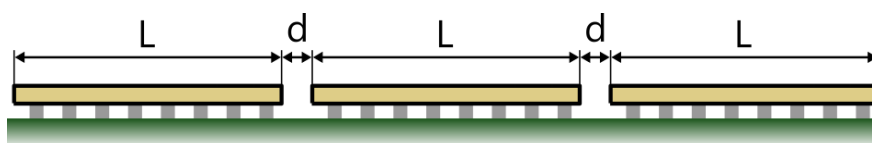
Nacionāla un starptautiska mēroga pasākumu īstenošana izglītojamo talantu attīstībai

Fizikas valsts 69. olimpiāde Otrā posma uzdevumi 11. klasei

11 – 1 Termiskā izplešanās dažādās situācijās

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

1. Dzelzceļa vienas tērauda sliedes garums pie temperatūras $t_0 = 20\text{ °C}$ ir $L_0 = 15\text{ m}$, šķērsriezuma laukums $S = 3000\text{ mm}^2$. Sliedes novietotas tā, ka spraugas platums d starp divām blakus esošām sliedēm ir vienāds (skat. 1.1. att.). Ir paredzēts, ka sliedes ekspluatēs temperatūru intervālā no $t_1 = -40\text{ °C}$ līdz $t_2 = 40\text{ °C}$, turklāt pie $t = t_2$ sliedes saskaras (spraugas garums ir nulle). Tērauda lineārās termiskās izplešanās koeficients $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}\text{ 1/°C}$, Junga modulis $E = 200\text{ GPa}$. Risinot uzdevumu, pieņemt, ka α nav atkarīgs no temperatūras.



1.1. attēls.

A Cik liels ir vilciena ātrums, ja tā riteņi iebrauc spraugās ik pēc $\tau = 0.8\text{ s}$? Pieņemt, ka $t = t_0$ un spraugas garums ir daudz mazāks par sliedes garumu. **[0.5 p]**

Atbilde: $v =$ km/h

B Cik liels ir spraugas garums d_0 temperatūrā t_0 ? **[1 p]**

Atbilde: $d_0 =$ mm

C Cik liels ir sliedes stinguma koeficients temperatūrā t_0 ? **[1 p]**

Atbilde: $k =$ N/m

D Cik liels mehāniskais spriegums darbosies uz sliedi pie $t_3 = 45\text{ °C}$, ja stinguma koeficients $k = 7 \cdot 10^7\text{ N/m}$ (atšķiras no iepriekšējā punktā aprēķinātā)? Pieņemt, ka spraugas garums ir nulle un sliedes neizliecas, bet paliek taisnas. **[1 p]**

Atbilde: $\sigma =$ MPa

2. Dzīvsudraba termometrs sastāv no stikla baloniņa, kurā iepildīts dzīvsudrabs, un caurulītes, kurā nonākušais dzīvsudrabs parāda temperatūru atbilstoši pievienotajai skalai (skat. 1.2. att.).

Caurulītes iekšējais diametrs $d = 0.1 \text{ mm}$, dzīvsudraba tilpuma termiskās izplešanās koeficients $\beta = 182 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$. Termometrs ir paredzēts temperatūru mērīšanai no $t_1 = 0^\circ\text{C}$ līdz $t_2 = 100^\circ\text{C}$, dzīvsudraba tilpums temperatūrā $t = t_1$ ir $V_0 = 37 \text{ mm}^3$ un masa $m = 0.5 \text{ g}$.

Risinot uzdevumu, stikla termisko izplešanos un kapilaritātes efektus neievērot un pieņemt, ka β nav atkarīgs no temperatūras.

A Cik liels ir termometra skalas garums L ? [1 p]

Atbilde: $L = \text{[] mm}$

B Cik liels ir dzīvsudraba blīvumu temperatūrā $t = t_1$? [0,5 p]

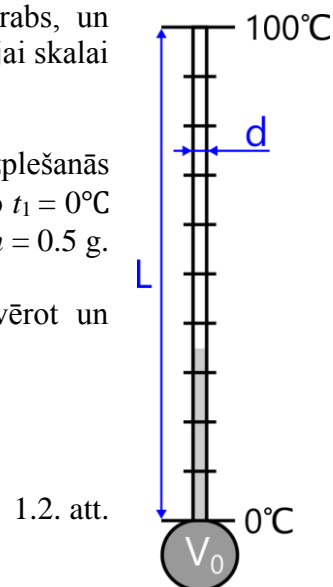
Atbilde: $\rho = \text{[] kg/m}^3$

C Cik liela ir dzīvsudraba masa temperatūrā $t = t_2$? [0,5 p]

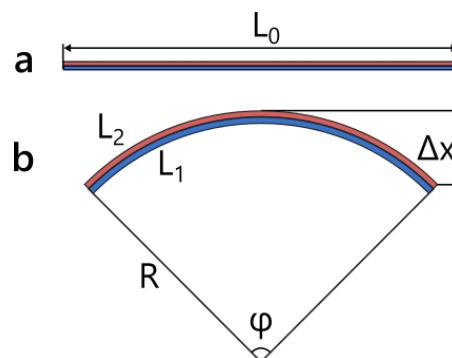
Atbilde: $m = \text{[] g}$

D Dzīvsudrabs ir toksisks, tāpēc tā vietā bieži lieto etanolu (spirtu) ar $\beta_{\text{spirts}} = 750 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$. Cik lielu maksimālo temperatūru var ar to izmērīt, ja parametri L , V_0 un d paliek nemainīgi? [1 p]

Atbilde: $t = \text{[] }^\circ\text{C}$



3. Bimetāla plāksnīte ir izveidota no divām vienāda garuma metāla plāksnītēm, kas sametinātas kopā (skat. 1.3. a att.). Katras plāksnītes sākotnējais garums $L_0 = 80 \text{ mm}$, biezums $h = 0.4 \text{ mm}$. Pirmā plāksnīte izgatavota no tērauda ar $\alpha_1 = 12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$, savukārt, otra – no misiņa ar $\alpha_2 = 19 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$. Bimetāla plāksnīti uzkaršē par $\Delta t = 120^\circ\text{C}$ (attēls 1.3. b), kā rezultātā tā pieņem riņķa līnijas loka formu. Risinot uzdevumu, pieņemt, ka α nav atkarīgs no temperatūras.



A Cik liela ir abu plāksnīšu garumu starpība $L_2 - L_1$? [0,5 p]

Atbilde: $L_2 - L_1 = \text{[] mm}$

B Cik liels ir leņķis φ un bimetāla plāksnītes liekuma rādiuss R , ja plāksnīšu garumu starpība $L_2 - L_1 = 0.09 \text{ mm}$ (atšķiras no iepriekšējā punktā aprēķinātā)? [1 + 1 p]

Atbilde: $\varphi = \text{[] }^\circ$

Atbilde: $R = \text{[] mm}$

C Cik liels ir bimetāla plāksnītes izliekums Δx , ja $R = 400 \text{ mm}$ un $\varphi = 10^\circ$ (atšķiras no iepriekšējā punktā aprēķinātiem)? [1 p]

Atbilde: $\Delta x = \text{[] mm}$

11 – 2 Katapultas

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Senajos laikos cietokšņu aplenkumos tika izmantotas akmeņu metamās ierīces – katapultas. Tās izmantoja, ne tikai, lai cietokšņa sienas bombardētu ar akmeņiem, bet arī – lai cietokšņa iekšpusē iemestu degošu munīciju u.tml.

1. Katapulta atrodas uz līdzena lauka un tā met akmeņus ar ātrumu $v_0 = 70$ m/s leņķī $\alpha = 30^\circ$ pret horizontu. Akmens lidoja $t = 6,7$ s ilgu laiku līdz sadūrās ar sienu.

Pieņemsim, ka akmens sāk lidojumu no zemes līmeņa (katapultas augstumu un garumu var uzskatīt par neievērojami mazu). Gaisa pretestību neievērot. Brīvās krišanas paātrinājums $g = 9,8$ m/s².

A Pēc cik ilga laika akmens nokristu uz zemes, ja tas lidojumā nesadurtos ar sienu? [1 p]

Atbilde: $t =$ s

B Cik tālu no katapultas atrodas siena? [1 p]

Atbilde: $L =$ m

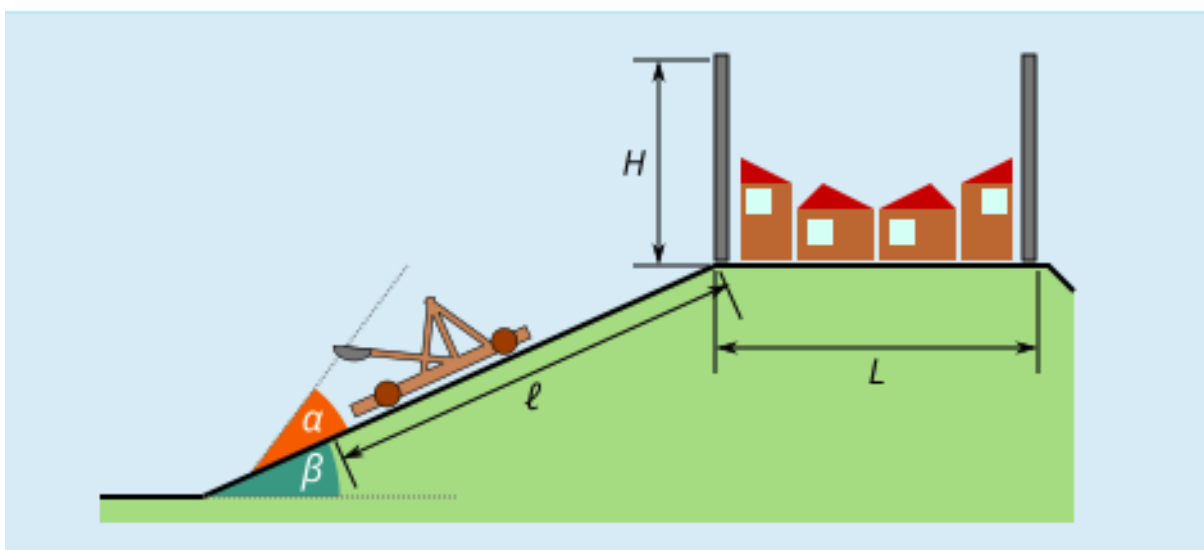
C Cik lielā augstumā virs zemes akmens sadūrās ar sienu? [1 p]

Atbilde: $h =$ m

D Katapultas ir būvētas tā, ka var izmest akmeņus leņķī pret horizontu, kas ir robežās no 5° līdz 35° . Cik lielā leņķī (ievērojot dotās robežas) jāmet akmens, lai tas aizlidotu vistālāk? Akmens tiek mests ar vienu un to pašu ātrumu. [1 p]

Atbilde: $\alpha =$ ⁰.

2. Cietokšņi parasti tika būvēti uzkalnu virsotnēs (skat. 2.1. att.). Katapultas atrodas attālumā $l = 230$ m no cietokšņa, mērot pa uzkalnu. Uzkalna slīpums $\beta = 40^\circ$. Katapultas met akmeņus ar ātrumu $v = 70$ m/s. Cietokšņa priekšējās un aizmugurējās sienas augstums ir $H = 7$ m. Cietokšņa garums $L = 60$ m.



2.1. att.

A Katapultas mestais akmens ietriecās cietokšņa priekšējā sienā augstumā $h = 5$ m virs cietokšņa pamatnes. Ar cik lielu ātrumu akmens ietriecās sienā? [1 p]

Atbilde: $v_1 =$ m/s

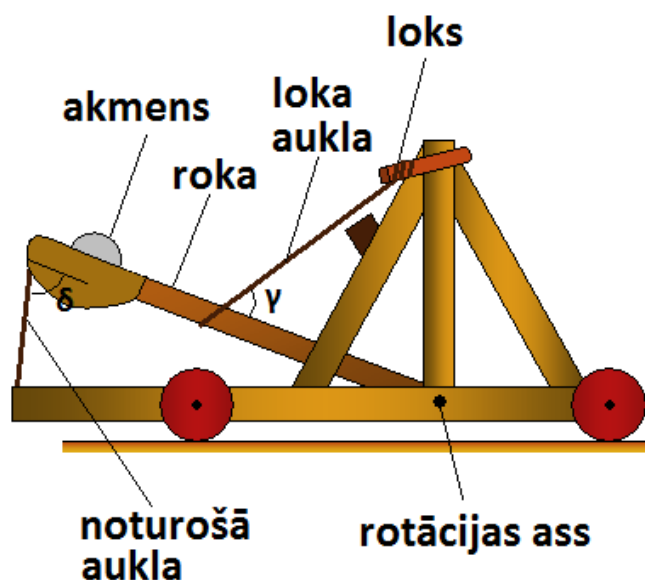
B Katapultā met degošu munīciju, lai trāpītu cietokšņa iekšienē. Sienu biežumu uzskatīt par neievērojami mazu. Munīcija vienmēr tiek mesta leņķī $\alpha = 20^\circ$ attiecībā pret zemi. Kādās robežās drīkst mainīt munīcijas izmešanas ātrumu, lai tā trāpītu iekšā cietokšņī? [1 + 1 p]

Atbilde: $v_{\min} =$ m/s; $v_{\max} =$ m/s

3. Katapultas akmeņu palaišanas mehānismā (skat. 2.2. att.) loku, kas palaiž katapultas roku, var modelēt kā atsperi ar stinguma koeficientu $k = 2720$ kN/m un sākuma deformāciju $x = 0,5$ m (tad, kad katapultā atrodas attēlā redzamajā stāvoklī).

2.2. att.

Akmens masa ir $m_1 = 30$ kg. Katapultas masa, neskaitot akmeni $m_2 = 800$ kg. Leņķis starp katapultas roku un loka auklu $\gamma = 60^\circ$. Leņķis starp noturošo auklu un katapultas roku $\delta = 80^\circ$. Katapultas rokas garums $L_1 = 2,5$ m. Loka aukla aizķer katapultas roku $L_2 = 1,5$ m attālumā no rotācijas ass. Katapultā atrodas uz līdzena lauka.



A Cik liels ir teorētiski maksimālais ātrums, ar kuru šis mehānisms var aizsviest akmeni? Teorētiski maksimālo ātrumu atrast, pieņemot, ka akmens saņem visu katapultas loka enerģiju. [1 p]

Atbilde: $v_{\text{teor}} =$ m/s

B Cik liels ir sastiepuma spēks auklā, kas notur katapultas roku? Zināms, ka kopējais katapultas rokas un akmens smaguma spēka moments ap rotācijas asi ir $M = 180$ N·m [1 p]

Atbilde: $F_s =$ kN

C Pēc akmeņa palaišanas katapultā nedaudz pakustas atpakaļ. Ar cik lielu ātrumu katapultā kustas akmens palaišanas brīdī, ja akmens tika izsviests leņķī $\alpha = 30^\circ$ pret horizontu ar ātrumu $v_0 = 70$ m/s? [1 p]

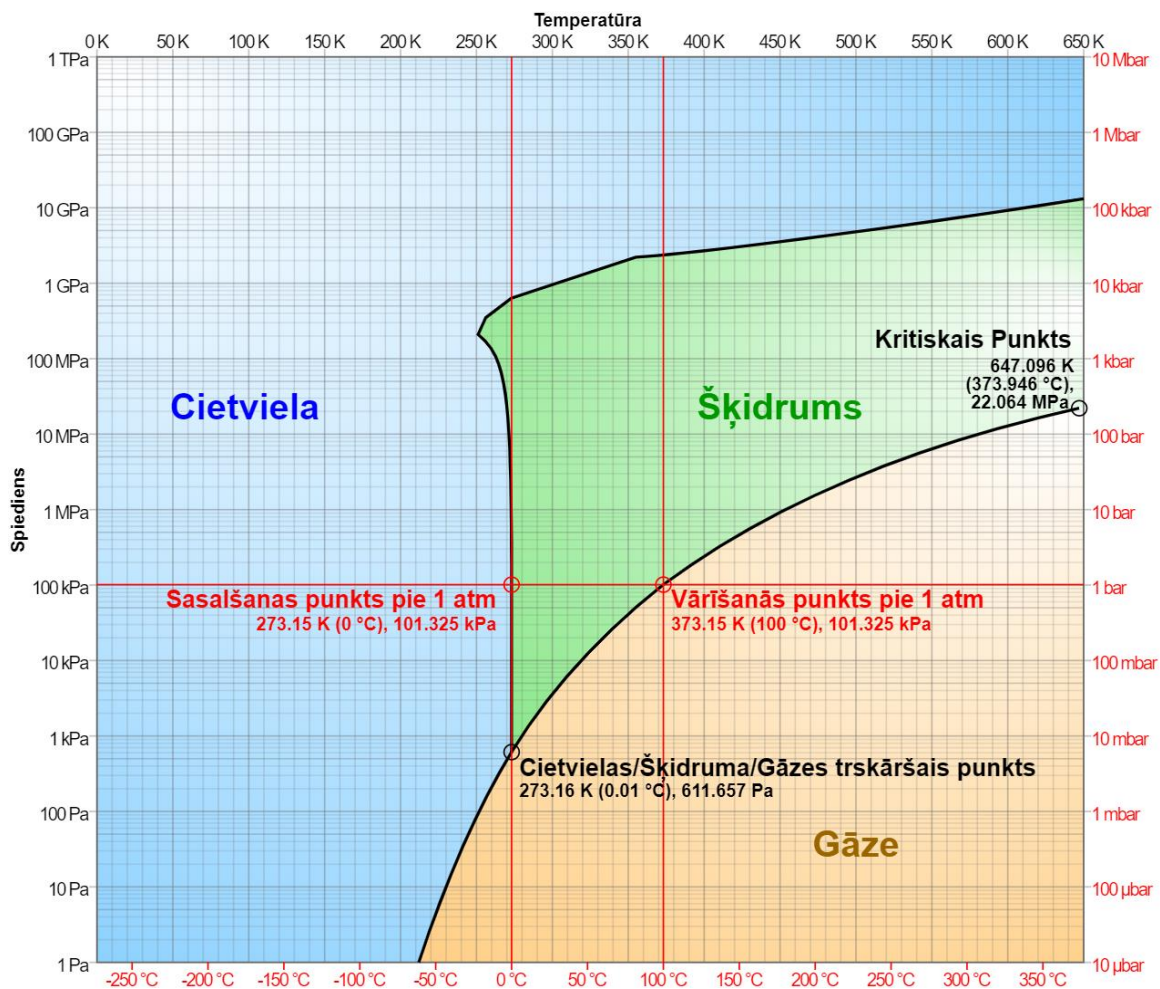
Atbilde: $v =$ m/s

11 – 3 Ūdens iztvaikošana zemā spiedienā

Ievēro mērvienības, kādās jāizsaka atbildes. Dažus uzdevuma apakšpunktus var risināt neatkarīgi no pārējiem.

Uzdevumā apskatīsim kā mainās ūdens īpašības pie dažādiem spiedieniem. Gan teorētiski, gan eksperimentāli ir noteikts kādā fāzē (ledus, šķidrums, tvaiks) atradīsies ūdens pie noteikta atmosfēras spiediena un temperatūras. Šī informācija ir apkopota fāžu diagrammā (skat. 3.1. att.).

Tajā var redzēt, ka atmosfēras spiedienā (100 kPa) ūdens sasilst 0 °C temperatūrā un iztvaiko 100 °C temperatūrā. Tikpat labi var redzēt, ka ūdens vārīšanās temperatūra pazeminās pie zemākiem spiedieniem un pie pavisam maziem spiedieniem (<1 kPa - tuvu nullei) ūdens var pastāvēt tikai cietā un gāzveida stāvoklī. Šī atziņa tiks pielietota tālākajos jautājumos.



3.1. att.

Ūdens īpatnējā siltumietilpība ir $4200 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$. Ledus īpatnējā siltumietilpība ir $2200 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$. Ūdens īpatnējais kušanas siltums ir $3.34\cdot 10^5 \text{ J}/\text{kg}$. Ūdens īpatnējais iztvaikošanas siltums ir $22.6\cdot 10^5 \text{ J}/\text{kg}$. Šo vērtību atkarību no spiediena un temperatūras nav jāievēro. Aprēķinos pieņemt, ka $\pi = 3,14$.

1. Viena no jomām, kurā tiek pielietotas ūdens īpašības ir kulinārija.

A Kāds spiediens ir jāuztur noslēgtā katlā, lai ātrāk pagatavotu ēdienu (ātrāk pievadītu siltumu)? [0.5 p]

- Zemāks par atmosfēras spiedienu
- Vienāds ar atmosfēras spiedienu
- Augstāks par atmosfēras spiedienu.

B Kāds gāzes process notiek, pieņemot, ka gāzes daudzums nemainās un ka katls netiek deformēts? [0.5 p]

- Izotermisks
- Izohorisks
- Izobāriscs

2. Apskatīsim, kas notiek gadījumā, kad spiediens tiek ievērojami samazināts. Pēc fāzu diagrammas var redzēt, ka pie pavisam zemiem spiedieniem var pastāvēt tikai ledus un tvaiks. No tā var secināt, ka šķidrums sāk vārties pie zemākās temperatūras un daļa no enerģijas tiek patērēta ūdens iztvaikošanai.

Trauks, kas ir piepildīts ar $V_0 = 1$ l ūdens istabas temperatūrā $T_0 = 21$ °C tiek ievietots vakuuma kambarī un spiediens tiek pazemināts nedaudz zem ūdens (cietvielas/šķidrums/gāzes) trīskāršā punkta (skat. 3.1. att.), kurā ūdens sasalšanas un iztvaikošanas temperatūra ir aptuveni 0 °C.

A Enerģija, ko saņem ūdens daļa, kas pārvēršas par tvaiku ir

- mazāka
- vienāda
- lielāka

par enerģiju ko zaudē ūdens daļa, kas pārvēršas par ledu. [0.5 p]

B Masa ledum, kas paliek traukā ir

- mazāka
- vienāda
- lielāka

par iztvaikojušā ūdens masu. [0.5 p]

C Cik liela izveidojas masas proporcija starp ledu un tvaiku? Vakuuma kambaris sevī uztur konstantu spiedienu tādēļ iztvaikojušais ūdens tiek izsūkts ārā kopā ar gaisu. [1 p]

Atbilde: $\frac{m_{ledus}}{m_{tvaiks}} =$

D Pieņemsim, ka masas proporcija starp ledu un tvaiku ir $\frac{m_{ledus}}{m_{tvaiks}} = 4.75$ (vērtība atšķiras no iepriekšējā punktā aprēķinātās). Cik liela ūdens masa pārvērtīsies ledū? [1 p]

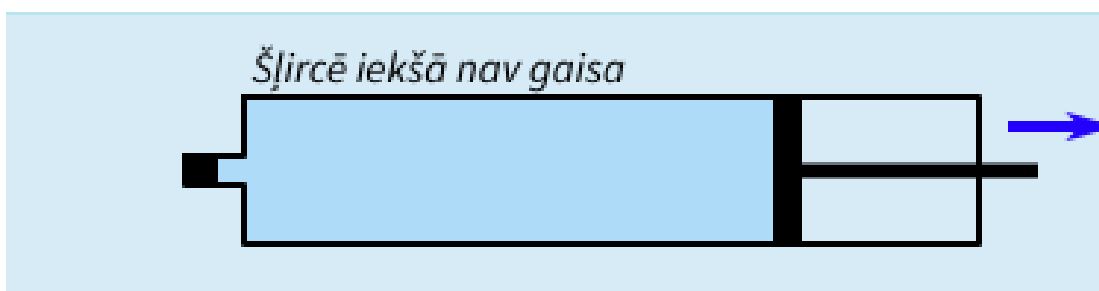
Atbilde: $m =$ kg

E Pieņemsim, ka atlikušā ledus gabala masa ir 0.75 kg (vērtība atšķiras no iepriekšējā punktā aprēķinātās). Cik daudz enerģijas tika atdots tvaikam? [1 p]

Atbilde: $\Delta Q =$ kJ

3. Lai darbotos ar nelielu daudzumu ūdens, izmanto šļirci, kuras diametrs $D = 3$ cm. Ūdens vārtšanās spiediens istabas temperatūrā $p_{vār} = 2500$ Pa.

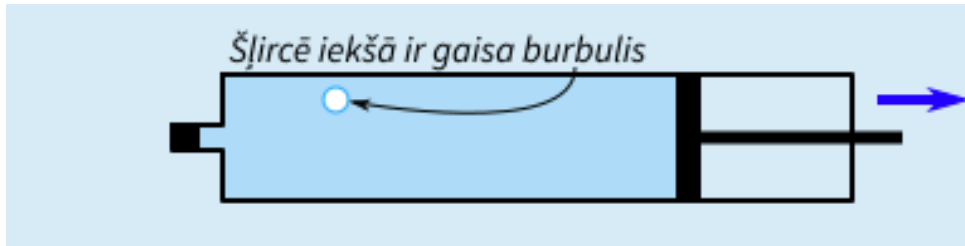
Šļircē tiek iesūkts nedaudz ūdens un tā tiek noslēgta tā, ka tajā nepaliek iekšā gaiss (skat. 3.2. att.). Ar cik lielu minimālu spēku ir jāvelk šļirces virzulis, lai šļircē esošais ūdens sāktu vārties? [1 p]



3.2. att.

Atbilde: $F_{\min} =$ N

4. Šļircē tiek iesūkts nedaudz ūdens. Papildus tam šļircē iekšā atrodas gaisa burbulis, kura tilpums atmosfēras spiedienā ir $V_{g1} = 1$ ml un tā temperatūra ir vienāda ar istabas temperatūru $T_0 = 21$ °C. Šļirces diametrs ir $D = 3$ cm. Ūdens vārīšanās spiediens $p_{vār} = 2500$ Pa. Šļirce tiek noslēgta (skat. 3.3. att.).



3.3. att.

A Ja šļirces virzulis tiek vilkts ļoti lēni, tad var pieņemt, ka gaisa burbulim ir pietiekami daudz laika, lai tā temperatūra izlīdzinās ar apkārtējās vides temperatūru. Par cik lielu attālumu ir jāatvelk šļirces virzulis, lai ūdens sāktu vārīties šādā izotermiskā procesā? [1 p]

Atbilde: $l =$ cm

B Cik liels ir gaisa burbuļa tilpums, kad ūdens sāk vārīties? [1 p]

Atbilde: $V_{g2} =$ ml

C Ja šļirces virzulis tiek vilkts ātri, tad var pieņemt, ka gaisa burbulis apkārtējai videi nepaspēj atdot siltumenerģiju. Šajā gadījumā norisinās adiabātisks process. Par cik lielu attālumu ir jāatvelk šļirces virzulis, lai ūdens sāktu vārīties šādā adiabātiskā procesā. Gaisa temperatūra mainīsies, bet tas neietekmēs ūdens temperatūru un ūdens vārīšanās spiedienu, jo gaisa burbulis ir salīdzinoši ļoti mazs.

Gāzes procesus, kuros nenotiek siltumapmaiņa starp gāzi un ārējo vidi, bet gāze veic darbu, mainot savu tilpumu, sauc par **adiabātiskiem** procesiem un tos apraksta ar vienādojumu:

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$$

kur γ ir konstante. Gaisam $\gamma = 1.4$, kas ir noteikts teorētiski un eksperimentāli.

Atbilde: $l =$ cm [1 p]

D Cik liels ir gaisa burbuļa tilpums, kad ūdens sāk vārīties C jautājumā aprakstītajā situācijā? [1 p]

Atbilde: $V_{g2} =$ ml